

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

METODY ZHOTOVOVÁNÍ ZÁVITŮ **MACHINING THREADINGS HOLES**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATEŘINA NEULINGEROVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2010

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá metodami zhotovování závitů s důrazem na výrobu vnitřních závitů. Cílem je uvést základní metody výroby. Na počátku jsou uvedeny jednotlivé obráběcí a tvářecí technologie. Centrální část se zabývá vnitřními závity. Závěr je věnován konkrétním aplikacím na obráběné součásti.

Klíčová slova

Výroba vnitřních závitů, řezaný závit, tvářený závit, aplikace metod.

ABSTRACT

This work deals with methods for making threads with emphasis on the production of internal threads. The aim is to introduce basic methods of production. Indicate at the beginning are individual cutting and forming technologies. The central part is dealing with internal threads. The conclusion is devoted to specific applications of machined parts.

Key words

Manufacturing threads, thread cutting, thread forming, application methods.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NEULINGEROVÁ, Kateřina. *Metody zhotovování závitů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 30 s., 8 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Metody zhotovování závitů“ vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 25.5.2010

.....
Kateřina Neulingerová

Poděkování

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi, zaměstnanci VUT FSI Brno za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod	8
1 TEORIE ZÁVITŮ.....	9
1.1 Druhy závitů	9
2 VÝROBA ZÁVITŮ.....	11
2.1 Výroba závitů třískovým obráběním.....	11
2.1.1 Soustružení	11
2.1.2 Frézování.....	12
2.1.3 Řezání závitů pomocí závitových čelistí a závitníků.....	12
2.1.4 Broušení.....	13
2.1.5 Lapování	14
2.2 Výroba závitů tvářením	14
3 VÝROBA ZÁVITOVÝCH DĚR M2 AŽ M20	15
3.1 Soustružení vnitřních závitů	15
3.2 Frézování vnitřních závitů.....	17
3.3 Řezání vnitřních závitů.....	18
3.4 Tváření vnitřních závitů.....	20
4 NÁVRH VÝROBY ZÁVITOVÉ DÍRY M6 a M8.....	22
4.1 Výroba závitových děr M6 a M8 v přírubě	22
4.2 Výroba závitových děr M6 a M8 pomocí termálního vrtání.....	24
Závěr	26
Seznam použitých zdrojů	27
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	29
Seznam příloh.....	30

ÚVOD

V dnešní době je závit neodmyslitelnou spojovací součástí ve strojírenské výrobě. Zajišťuje nám veškerá šroubová spojení pevná i rozložitelná. Pro svoji rychlou montáž i demontáž má nezastupitelnou roli. Princip vzniku závitu je šroubovitě natočení profilu závitu přímo na válcovou plochu. Takto lze získat dva druhy závitu – vnitřní a vnější. Ke spojení dochází mezi maticí a šroubem, můžou nastat i jiné kombinace. Ovšem pokaždé jde o spojení mezi vnitřním a vnějším závitem.

Cílem a rozbohem práce je vytvořit ucelený přehled o metodách výroby vnitřních závitů, a to jak třískovým obráběním, tak i beztřískovým obráběním – tvářením. V praxi se užívá několik způsobů výroby závitů – strojně nebo ručně. Volba způsobu výroby záleží na budoucí funkci závitového spojení a použitém materiálu součásti. Pro součásti z litiny jsou vhodné řezané závity, na druhé straně u tenkostěnných profilů je výhodnější využít tvářený závit. Řešením jak vytvořit dostatečně pevný závit pro danou součást je zhodnoceno v této práci.

V experimentální části práce je řešeno zhotovení závitu v litinové přírubě a v tenkostěnném profilu. Jsou navrženy konkrétní parametry výroby.

1 TEORIE ZÁVITŮ

První zmínka o součástce podobné závitu je již z 3. století př.n.l., kdy slavný učenec Archimédés sestavil tzv. Archimédův šroub – zařízení bylo pravděpodobně určeno k čerpání odpadní vody z lodě [1].

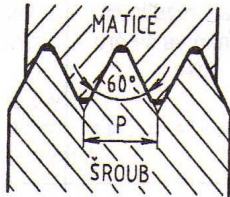
Závit je technický prvek strojíni součásti, který je určen závitovou plochou. Tato plocha je vytvořena navinutím profilu na válec podél šroubovice v daném stoupání.

Dnešní představitelé závitů představují konstrukčně-technologické prvky strojních součástí. Plní různé spojovací nebo pohybové funkce součástek.[2]

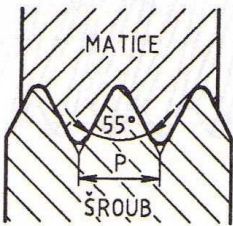
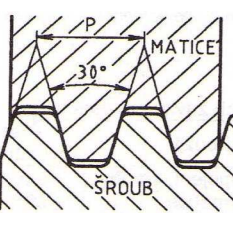
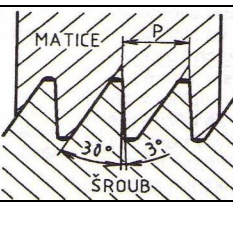
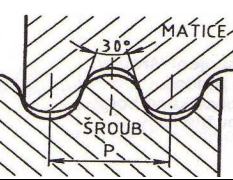
1.1 Druhy závitů

Z technologického hlediska lze závity rozdělit na vnitřní nebo vnější. Přesnost a funkce je důležitým předpokladem funkčnosti šroubového spoje. Existuje řada závitů. (Tab.1.1)[2]

Tab.1.1 [3]

Závit	Profil	Použití	Číselně se označuje rozměr	Příklad
Metrický s hrubou roztečí		běžná spojení, šrouby, matice	velký průměr závitu v mm	M20
Metrický s jemnou roztečí		spojení s požadovanou větší samosvorností, závity ve slitinách lehkých kovů	velký průměr závitu a rozteč	M20x1
Metrický pro jemnou mechaniku a optiku		v průmyslu jemné mechaniky a optiky v případech, že běžné metrické závity nemohou vyhovět funkčním a konstrukčním požadavkům	velký průměr závitu a rozteč	M25x0,5
Palcový hrubá řada jemná řada zvlášť jemná řada		běžná spojení, šrouby, matice bližší specifikace podle použité řady	velký průměr závitu v palcích a řada	¼ - 28UNF
Metrický pro součásti z plastů		pro součásti z plastů, spojovaných s plastovými a kovovými součástmi	velký průměr závitu a rozteč	M24 M24x1

Pokračování Tab.1.1

Závit	Profil	Použití	Číselně se označuje rozměr	Příklad
Whitworthův		pro opravy strojů staršího provedení a exportní zakázky do anglosaských zemí. Závit upevňovacího šroubu bezpečnostních pásů v automobilech	velký průměr závitu v palcích	W 7/16
Trubkový válcový		ke spojování trubek, tvarovek a armatur, obvykle vnitřní závit	světlost trubky v palcích	G2
Trubkový kuželový vnější		ke spojování trubek, tvarovek a armatur		R 11/2
Lichoběžníkový rovnoramenný jednochodý		pohybové šrouby a matice	velký průměr závitu a rozteč	Tr20x4
Lichoběžníkový rovnoramenný vícechodý		pohybové šrouby a matice se zvýšenou samosvorností a vyšší únosností	velký průměr závitu, stoupání a v závorce P s číselnou hodnotou rozteče závitu	Tr20x8(P4)
Lichoběžníkový nerovnoramenný		pro pohybové šrouby a matice s rozdílným zatížením ve směru osy	velký průměr závitu a rozteč	S20x4
Oblý		pohybový závit vřeten malých průměrů a závit litinových šroubů	velký průměr závitu v mm	Rd40

Závity mohou být pravé nebo levé, toto rozdělení závisí na druhu požadovaného spoje. Slouží k upevnění dvou součástí k sobě, vzniklý spoj je pevný a nedochází k vzájemnému posuvu součástek.

2 VÝROBA ZÁVITŮ

Závity lze zhotovovat třískovým obráběním (řezání pomocí závitníků, závitovými čelistmi a závitovými hlavami, obrábí se soustružením, frézováním, přesné závity se brousí nebo lapují) nebo pomocí tváření (tvářecí závitníky, závitové válce).

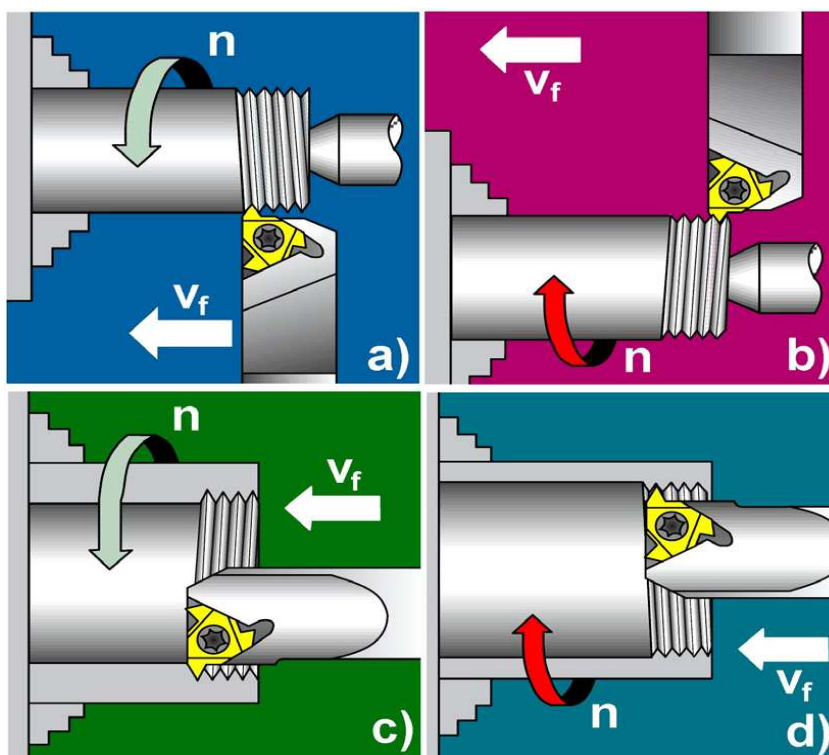
2.1 Výroba závitů třískovým obráběním

Při výrobě závitů třískovým obráběním dochází k oddělování částic materiálu obrobku břitem nástroje. Vlastní proces fyzikálně-mechanického oddělování materiálu se nazývá jako řezání, resp. řezný proces.[2]

2.1.1 Soustružení

Závity vyrobené soustružením se mohou zhotovovat na revolverových, poloautomatických, automatických a různých speciálních soustružnických strojích. Stoupání závitů se řídí posuvem nástroje na otáčku.[2]

K výrobě se používají speciální závitové nože, jejichž profil je odvozen od daného závitu. Soustružením lze zhotovovat závity vnější i vnitřní.

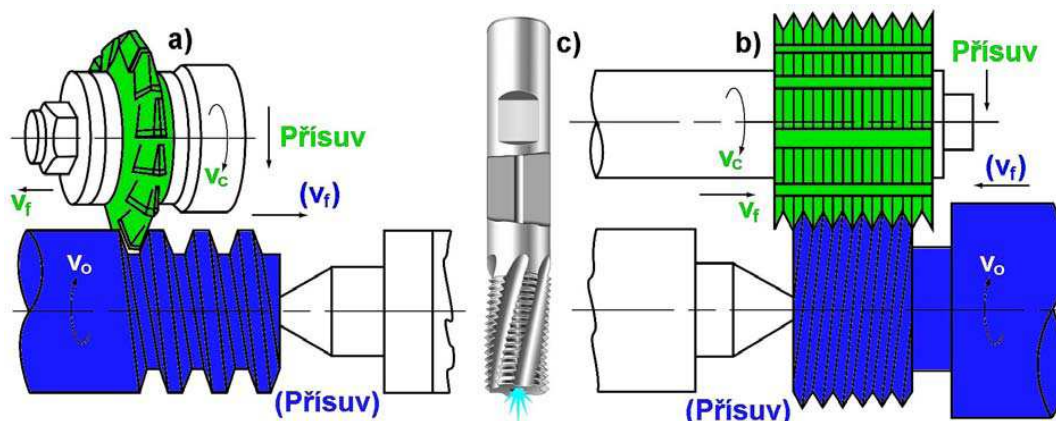


Obr 2.1. Soustružení závitů (a – vnější pravý závit, b – vnější levý závit, c – vnitřní pravý závit, d – vnitřní levý závit) [4]

2.1.2 Frézování

Při frézování závitů souvisí metoda s kinematikou obráběcího procesu. K výrobě lze použít závitové kotoučové frézy, závitové frézy hřebenové, okružovací frézovací hlavy.

Frézování vnitřních závitů se až na malé výjimky provádí analogickými způsoby jako u vnějších závitů.[2]



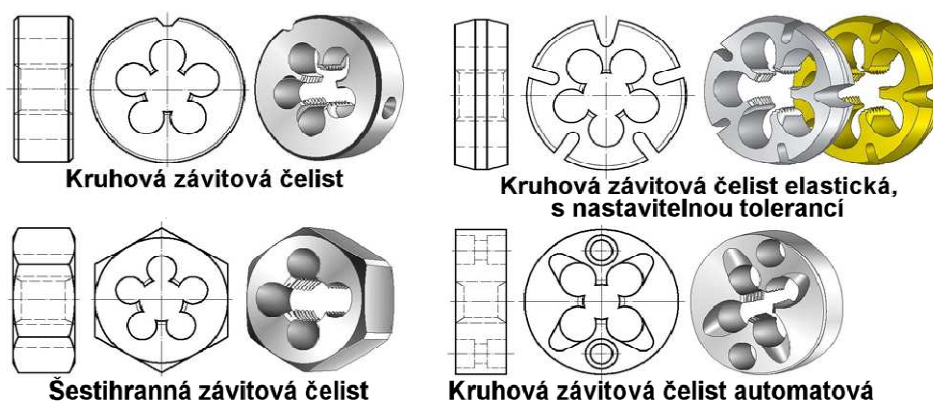
Obr. 2.2 Metody frézování závitů (a - kotoučová fréza, b – hřebenová válco-
vá nástrčná fréza, c – hřebenová válcová stopková fréza s vnitřním přívodem
řezné kapaliny [4])

2.1.3 Řezání závitů pomocí závitových čelistí a závitníků

Řezání závitů je nejrozšířenější způsob výroby závitů. Závitů lze řezat ručně nebo strojně. Pro řezání závitů na soustruzích se využívá automatových závitových čelistí s řezným kuželem na jedné straně.[2]

Vysoce produktivním způsobem výroby je řezání závitů pomocí automatových závitových hlav s radiálními čelistmi, nebo tangenciálními.[2]

Řezání vnitřních závitů se provádí pomocí závitníků.



Obr. 2.3 Závitové čelisti [2]

2.1.4 Broušení

Broušení se aplikuje na vnější závity přesných šroubů, kde jsou vyšší požadavky na přesnost, profil a stoupání závitu. K broušení vnějších závitů se používají speciální závitové brusky s jednoprofilovým kotoučem nebo hřebenovým kotoučem.[2]

Jednoprofilový brousící kotouč se využívá k broušení vnějších závitů. Princip práce: kotouč je vykloněn o úhel stoupání závitu, který je nastaven na plnou hloubku závitu a otáčí se řeznou rychlostí. Za současného otáčení obrobku a posouváním v axiálním směru je závit broušen.[2]

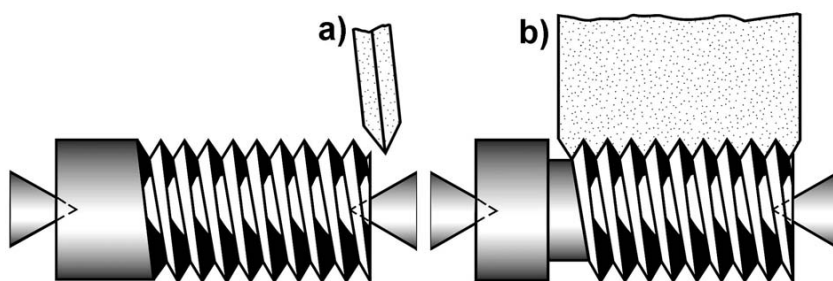
Hřebenový kotouč je na obvodě opatřen několika negativními profily závitu. Kotouč je nastaven rovnoběžně s osou obrobku.[2]

Závity na svornicích bez osazení a hlav lze brousit na bezhrotých bruskách.

Brousit lze i vnitřní závity, u kterých se používají kotouče s menšími průměry. Lze však brousit pouze závity do průměru 25 mm.

Existují dvě varianty broušení závitů:

- broušení do plného materiálu,
- nebo u velkých průměrů lze závit předem vyhrubovat řeznou keramikou a poté brousit.



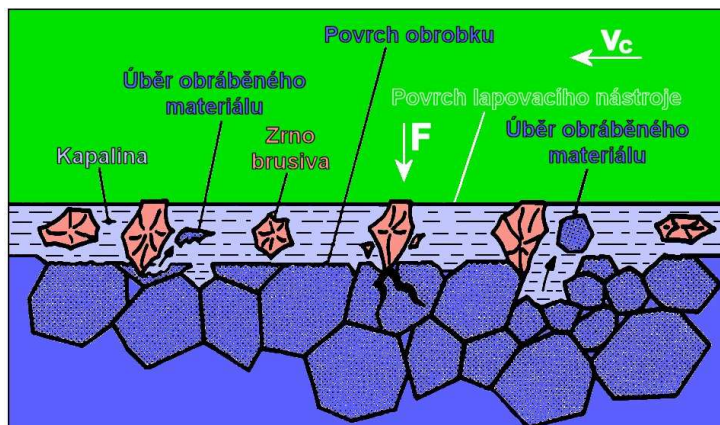
Obr 2.4. Broušení vnějších závitů [4]



Obr. 2.5 Hřebenový brusný kotouč firma [13]

2.1.5 Lapování

Lapování se využívá k dokončení povrchů, které vyžadují největší rozměrovou přesnost a nejmenší drsnost povrchu. Lapují se důležitá závitová spojení. Lapováním lze dokončovat tvrdé i měkké materiály, ručně v kusové výrobě pomocí lapovacích past nebo strojně v sériové a hromadné výrobě.[5]



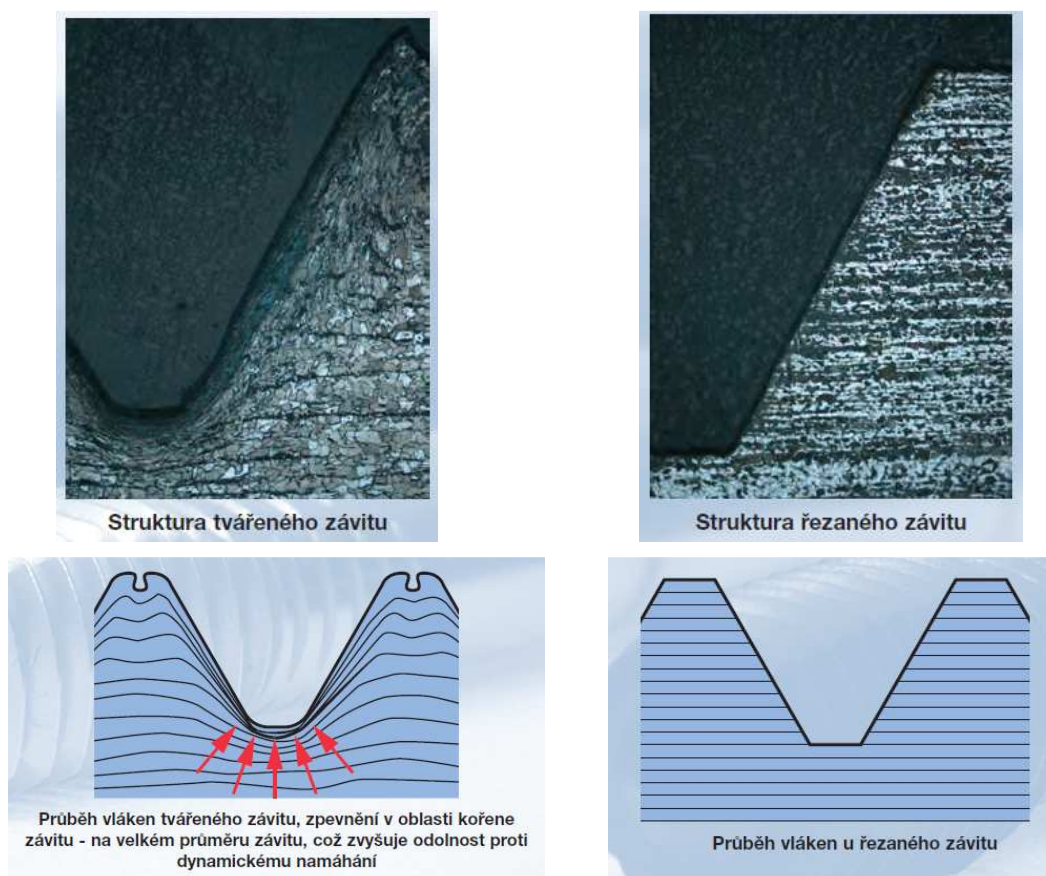
Obr 2.5. Schéma lapování [5]

2.2 Výroba závitů tvářením

Při výrobě závitů tvářením nedochází k úběru materiálu, ale pouze k jeho zhuštění. Vlákná materiálu nejsou přerušena. Povrch tvářeného závitu je pevnější, povrch je kvalitnější a je dosahováno přesnější kalibrace závitu. [6]

Na obr. 2.6 je znázorněn rozdíl mezi tvářeným a řzaným závit, u řzaného závitu dochází k přerезání vláken (vlákna jsou v podstatě vměstky sloučenin síry a fosforu, které se při procesu válcování ve válcovnách kovů zplošťují a tvoří strukturu vláken ve směru válcování), naopak u tvářeného závitu nedochází k přerезání vláken, ale pouze k jeho tvarování podle profilu závitu na tvářecím závitníku.

U tvářeného závitu dochází k defektu na vrcholu závitu, kdy materiál nekopíruje tvar závitníku a vznikne prohlubeň, tento defekt může být způsoben nevhodně předvrtaným otvorem pro závit. Jde vlastně o nedostatek materiálu, který má být přetvořen v závit. Avšak tento defekt nemá vliv na funkčnost závitového spoje.



Obr. 2.6 Porovnání rozdílů tvářeného a řezaného závitu [7]

3 VÝROBA ZÁVITOVÝCH DĚR M2 AŽ M20

Tato kapitola pojednává o výrobě závitů nejpoužívanější závitové řady M2 až M20 dle zadání práce.

Pro výrobu vnitřních závitů lze použít technologie soustružení, frézování, řezání pomocí závitníků a tváření pomocí tvářecích závitníků. Jednotlivé technologie jsou pouze omezeny konstrukcí nástrojů a rozměry vyráběných závitů. Při všech metodách se závity vytváří do předem předvrtaných děr. Ovšem je třeba brát ohled na to, že tvářený závit má jiný průměr předvrtané díry než závit řezaný.

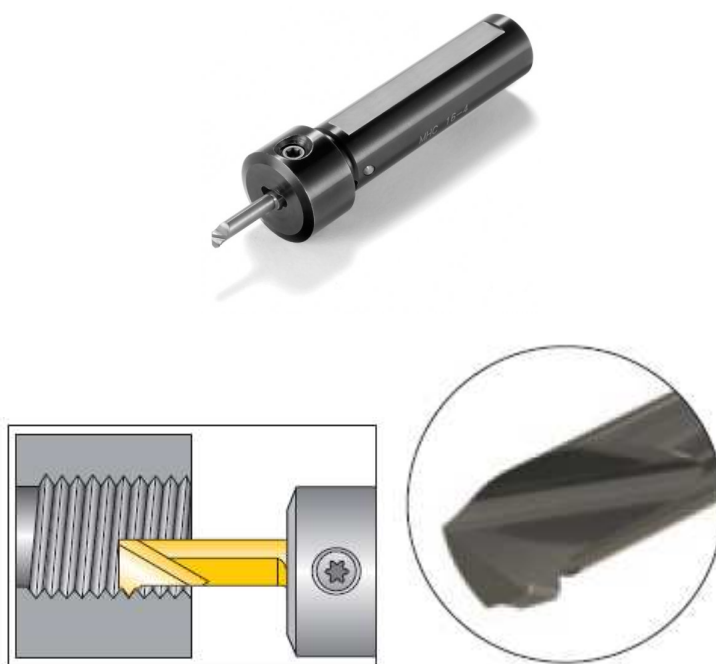
3.1 Soustružení vnitřních závitů

Soustružení závitů je založeno na principu posuvu nástroje (f) a otáčkách (n). Tímto způsobem špička nástroje vytváří na obrobku šroubovitou drážku. Po přejetí celé délky obrobku, kde má být vytvořen závit, se nástroj vrátí na počátek a opět je veden do záběru. Závit soustružením je vytvořen vícenásobným přejetím nástroje po obrobku.

Rychlost posuvu je nejdůležitějším faktorem při soustružení závitů a musí být v souladu se stoupáním závitu. Tohoto souladu lze dosáhnout vodícím šroubem, vačkou, číslicovým řízením nebo podprogramem u CNC stroje.

Tvar profilu řezaného závitu je závislý na geometrii špičky bříty nástroje. Ostrý tvar profilu závitu činí špičku bříty zranitelnou vůči silám působícím na břit.

Pro soustružení malých závitů M4 a výše, lze využít monolitní nástroj např. firma Vargus. Jde o systém Microscope. Princip nástroje je zobrazen na obr. 3.1. Do držáku nástroje je upevněn monolitní nástroj s vytvořeným jedním profilem závitu na úzkém dřívku. Tento systém zaručuje možnost vytvořit závit v malém průměru předvrtané díry.



Obr. 3.1 Systém Microscope firmy Vargus [8]

V současné době existuje na trhu celá řada výrobců nástrojů pro soustružení vnitřních závitů.

Mezi kritéria výběru vhodného nástroje patří zejména:

- tvar závitu, který bude vyráběn,
- materiál, který bude obráběn,
- stroj, na kterém bude operace provedena,
- volba monolitního nástroje nebo nástroje s VBD,
- cena nástroje a jeho trvanlivost.

Zhodnocení metody

Výhody:



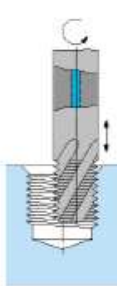
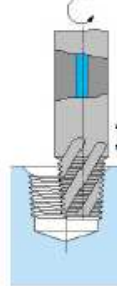
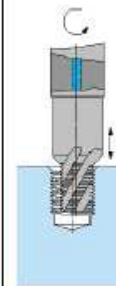
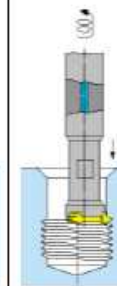
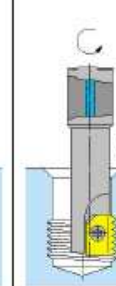
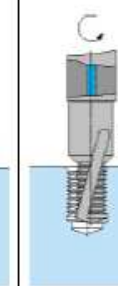
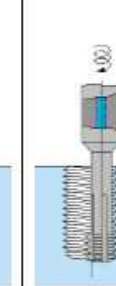
- krátký výrobní čas,
- přesné zhotovení závitu (stoupání závitu dáno posuvem a otáčkami).

Nevýhody:

- soustružený závit omezen průměrem,
- nevhodné pro malé průměry, dochází k poškození závitu od nástroje.

3.2 Frézování vnitřních závitů

Metody frézování vnitřních závitů korespondují s kinematikou obráběcího procesu a s použitým nástrojem. K frézování závitů lze využít jak monolitních nástrojů, tak i nástrojů s VBD. Novinkou ve frézování vnitřních závitů je monolitní závitová fréza např. BGF firmy Emuge Franken, jež umožňuje v průběhu jednoho pracovního cyklu vykonat 3 operace obrábění. Vrtací závitové frézy BGF vrtají otvor, sráží hranu a frézují závit. Tímto dochází k velké úspoře jak času, tak i nákladů na samostatný záhlubník a vrták. Zároveň odpadá potřeba výměny nástrojů.

Typ nástroje	Závitová fréza					Vrtací závitová fréza	
Nutné přípravné práce	Vývrtání díry 					Žádné 	
Operace	Konvenční frézování závitu s karbidovou monolitní frézou			Frézování závitu s VBD		Vrtání a frézování závitu	Kruhově interpolační vrtání a frézování závitu
Typ frézy	GF	GF kuželová	GSF	EP	WSP	BGF	ZBGF
Průběh obrábění							

Obr. 3.2 Frézování vnitřního závitu na CNC strojích – princip postupu [9]

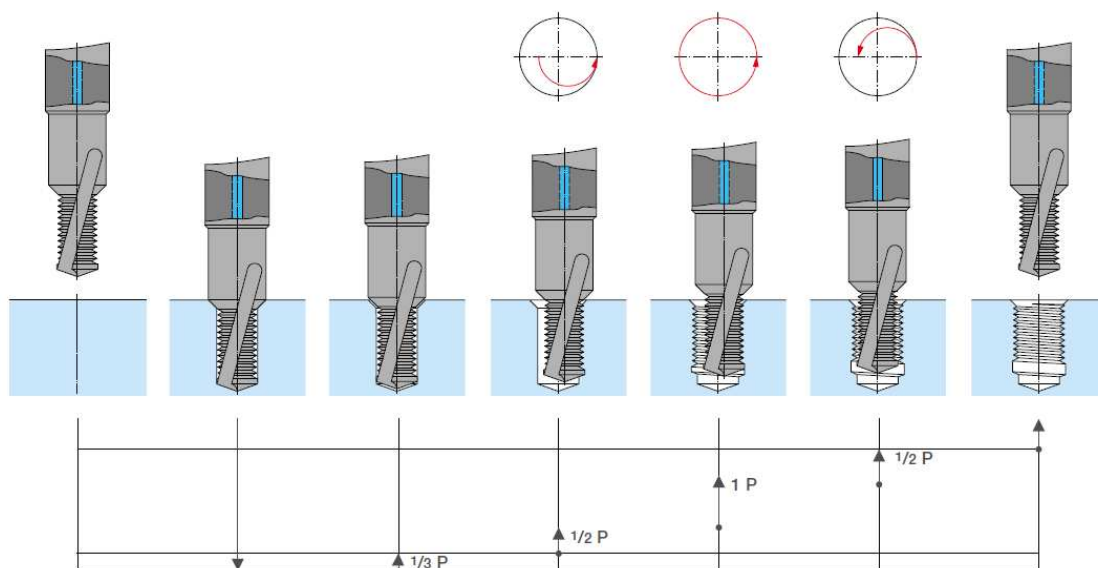
Závitové frézy BGF jsou dodávány se 2 nebo 3 břity. Tříbřité nástroje se vyznačují vyšším výkonem a lepšími vlastnostmi při navrtávání otvoru.

Tyto frézy lze s výhodou využít i u menších závitů. Jsou vhodné pouze pro materiály s krátkou třískou, jako jsou hliník, hliníkové slitiny, šedá litina a syntetické materiály.

Na obr. 3.3 je znázorněn princip obrábění. Fréza najíždí do plného materiálu, kde je nejprve navrtán otvor pro závit, poté je sražena hrana a jako poslední operace se vyfrézuje závit požadované velikosti a stoupání.

Dalším možným nástrojem pro výrobu závitů do plného materiálu je monolitická závitová fréza např. ZBGH od firmy Emuge Franken. Tyto frézy jsou vyráběny z povlakovaných slinutých karbidů, frézují závit pomocí kruhové interpolace do plného materiálu.

Obě výše zmíněné frézy vyžadují frézky s CNC řízením a možností obrábět pomocí kruhové interpolace. Jsou dodávány s vnitřním přívodem provozní kapaliny.



Obr. 3.3 Princip obrábění závitovou frézou BGF firmy Emuge Franken [10]

Závity lze frézovat i do již převrtaných otvorů. Jediným kritériem je, že fréza musí mít průměr max. $\frac{2}{3}$ resp. $\frac{3}{4}$ průměru závitu.

Zhodnocení metody

Výhody:

- přesný závit,
- možnost použití víceúčelového nástroje.

Nevýhody:

- omezení malým průměrem,
- drahý nástroj.

3.3 Řezání vnitřních závitů

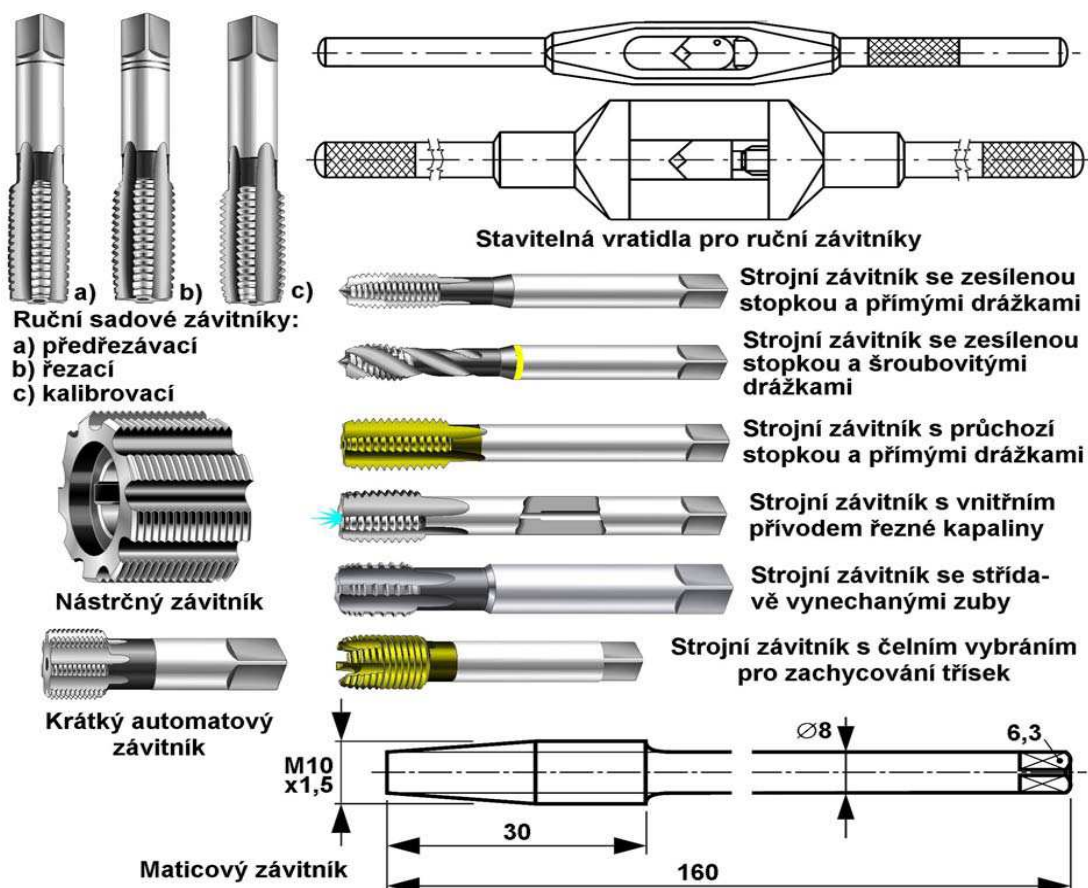
Řezání vnitřních závitů pomocí závitníku je nejrozšířenější metoda zhotovování závitů. Na trhu existuje nepřehledné množství jednotlivých závitníků. Závitníky jsou vyráběny z rychlořezných ocelí nebo slinutých karbidů. Mohou být povlakované – otěruvzdorné povlaky různých typů nebo bez povlaků. Povlak na řezné části závitníku zlepšuje mechanické vlastnosti při samotném procesu řezání. Závitník je v podstatě šroub s náběhovým kuzelem, na němž jsou vytvořeny břity pomocí jedné až osmi přímých nebo šroubových drážek[4]. Pro výběr vhodného závitníku jsou důležité velikost, tvar a úprava řezné části nástroje.

Závity se mohou zhotovovat:

- ručně pomocí sadových závitníků upnutých do vratidla. Nejčastěji se sada skládá z 3 závitníků (existují sady i jen se 2 závitníky pro závity s jemnou roztečí): předřezávacího, řezacího a kalibrovacího závitníku (viz obr. 3.4),
- strojně pomocí strojních závitníků. Tyto závitníky se liší od ručních tím, že mají kratší řeznou část (viz. obr.3.4).

Závitníky jsou opatřeny buď:

- přímými drážkami,
- šroubovitými drážkami, tyto závitníky mají až o 1/3 nižší krouticí moment.



Obr. 3.4 Ruční a strojní závitníky [4]

3.4 Tváření vnitřních závitů

K tváření vnitřních závitů jsou používány tvářecí závitníky, tvářet lze závit od M3. Principem vzniku závitu tvářením je vtlačení tvářecího závitníku do materiálu předem předvrtané díry. Průměr díry uvádějí již výrobci v katalogových listech. Případně je možno přesný průměr díry ověřit pokusem.



*Tvářecí závitník ISO 3 6GX HSSE
TiN M10 firma Narex*



*Tvářecí závitník s mazacími drážkami
TiAlN 139242 firma Garant*

Obr.3.5 Tvářecí závitníky

Otvory pro závitů však lze vyrobit i bez úběru materiálu metodou Flowdrill nazvané podle holandské firmy, v ČR zastoupená firmou Kavon CZ. Principem tohoto vrtání je vznik třecího tepla od protlačovacího hrotu speciálního nástroje. Nástroj je zhotoven z karbidu wolframu (polygonový kuželový nástroj). Tato metoda je vhodná pro vrtačky s otáčkami od 2 200 min⁻¹. Otvory lze vrtat do uzavřených profilů trubek, tenkých plechů všech kovových materiálů.

Na obr. 3.6 je princip termálního vrtání. Protlačovací hrot je roztočen na vysoké otáčky přesahující 2 200 min⁻¹. Poté je hrot vtlačen do materiálu, kde vznikem třecího tepla je materiál roztaven a vytvarován do kužele. Kužel materiálu vystupuje mimo původní materiál. Tímto způsobem lze zhotovovat díry od 2 mm.

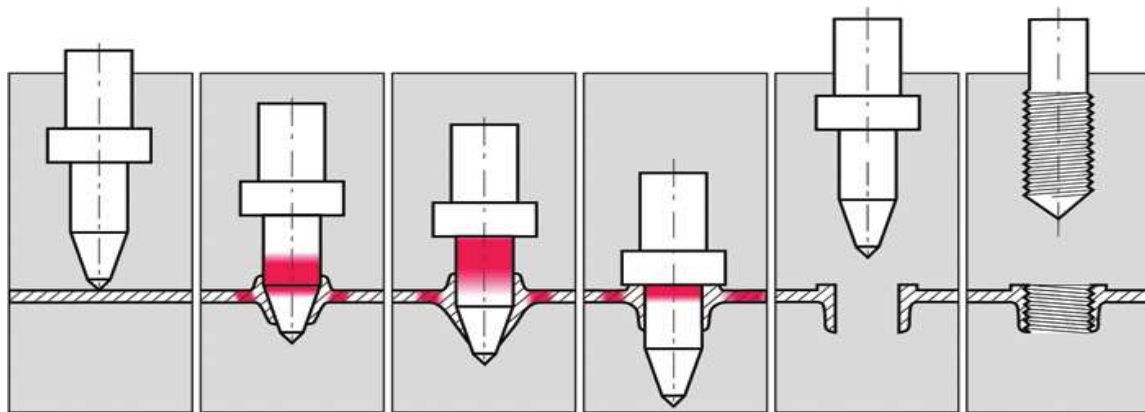
Zhodnocení metody

Výhody:

- přesnost závitu,
- pevnost závitu,
- zhutnění obráběného materiálu.

Nevýhody:

- omezení malým průměrem,
- nutnost kvalitního mazání,
- použití jen u tvárných materiálů.



Obr. 3.6 Princip termálního vrtání [11]



Obr. 3.7 Díra a závit zhotovený termálním vrtáním [11]

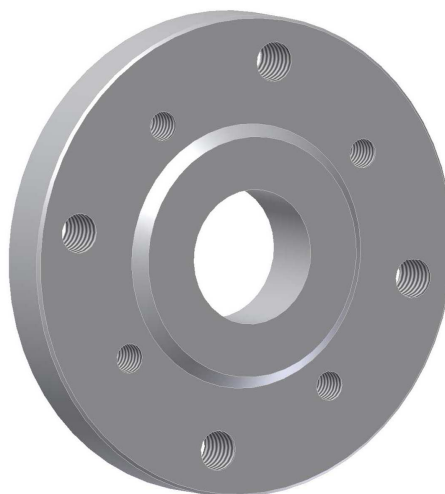
Při termálních tváření závitů dochází ke vzniku krčku, který příznivě působí při zkoušce přetržení závitu. Při této zkoušce dojde k přetržení šroubu, nikoliv tvářeného závitu.

4 NÁVRH VÝROBY ZÁVITOVÉ DÍRY M6 A M8

Konkrétní návrh výroby bude proveden pro přírubu z litiny a tenkostěnný profil.

4.1 Výroba závitových děr M6 a M8 v přírubě

Příruba je vyrobena ze šedé litiny ČSN 42 2420. K výrobě závitů byly zvoleny závitníky k tomu určené.



Obr.4.1 Příruba

Parametry příruby:

- průměr příruby 80 mm,
- materiál příruby šedá litina ČSN 42 2420,
- 3 x závit M6,
- 3 x závit M8.

Výpočty řezných parametrů pro příruby se závity M6 a M8

Výpočet řezné síly F_C [12]

$$F_C = \frac{1}{z} \times A \times k_C \times f_{GS} \times K_{ver} \quad [N] \quad (4.1)$$

$$F_C = \frac{1}{4} \times 0,051125 \times 1,047 \times 1,1 \times 1$$

$$F_C = 0,01472 \text{ N}$$

Řezný moment M_C [12]

$$M_C = F_C \times z \times \frac{D_2}{2} [Nm] \quad (4.2)$$

$$M_C = F_C \times z \times \frac{D_2}{2} [Nm]$$

$$M_C = 0,01472 \times 4 \times \frac{5,350}{2}$$

$$\mathbf{M_C = 0,157504 Nmm = 1,57504 Nm}$$

Otáčky $v_c = 8 \div 12 \text{ m.min}^{-1}$

$$n = \frac{v_c \times 1\,000}{\pi \times D} [ot^{-1}]$$

- $v_c = 8 \text{ m.min}^{-1}$

$$n = \frac{8 \times 1000}{\pi \times 6}$$

$$\mathbf{n = 424,41 \text{ min}^{-1}}$$

- $v_c = 12 \text{ m.min}^{-1}$

$$n = \frac{12 \times 1000}{\pi \times 6}$$

$$\mathbf{n = 636,62 \text{ min}^{-1}}$$

Otáčky jsou voleny v rozmezí $8 \div 12 \text{ m.min}^{-1}$. Konkrétní otáčky nutno ověřit při výrobě.

Řezný výkon P_C [12]

$$P_C = \frac{M_C \times n}{9\,554} [kW] \quad (4.3)$$

- $n = 424,41 \text{ min}^{-1}$

$$P_C = \frac{1,57504 \times 424,41}{9\,554}$$

$$\mathbf{P_C = 0,06997 kW}$$

- $n = 636,62 \text{ min}^{-1}$

$$P_c = \frac{1,57504 \times 636,62}{9\,554}$$

$$P_c = 0,10495 \text{ kW}$$

Otáčky vyšly v rozmezí $424,41 \text{ min}^{-1} \div 636,62 \text{ min}^{-1}$.

Vypočtené hodnoty jsou pouze informativní, ve výrobě nutno ověřit.

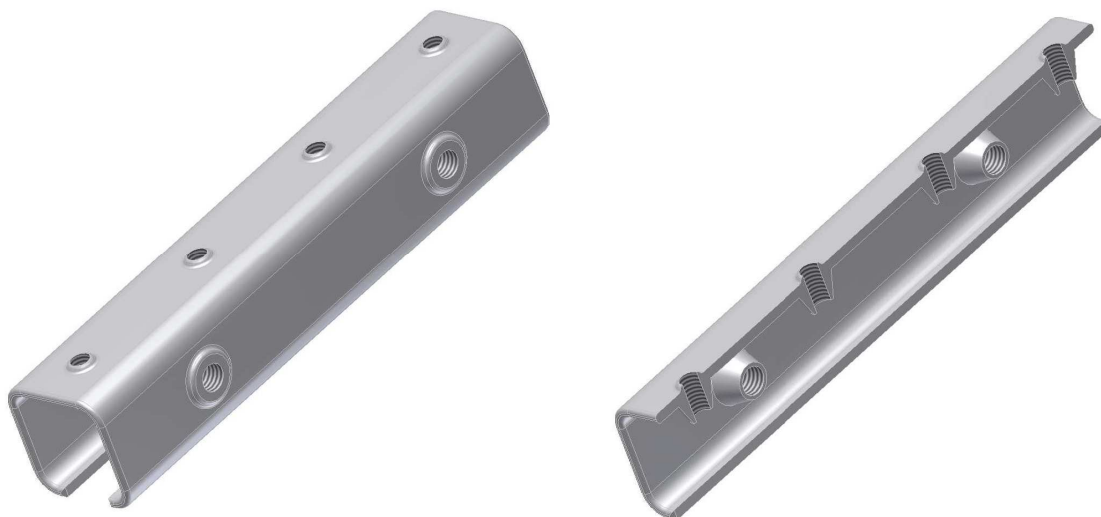
Náklady na tuto metodu závisí na spotřebě závitníků jeden závitník M6 se pohybuje v rozmezí 280 až 330 Kč, k této ceně je nutno připočítat náklady na ostření závitníků. U této metody dochází k destrukci nástroje, tímto vzrůstají náklady.

Náhradní řešení výroby:

Závity zhotovit pomocí soustružení např. principem Microscope od firmy Vargus.

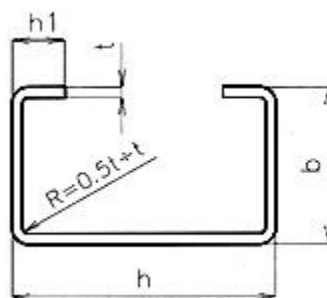
4.2 Výroba závitových děr M6 a M8 pomocí termálního vrtání

K výrobě závitů v tenkostěnném profilu bude využito metody termálního vrtání s následným tvářením závitu.



Obr.4.2 Profil s tvářenými závitů

Parametry profilu:



otevřený C – profil

- $h = b = 30 \text{ mm}$, $t = 2,5 \text{ mm}$,
- materiál 11 373.

Zhotovení závitů pomocí termálního vrtání je výhodné pro tenkostěnné profily, z tohoto důvodu není navrženo náhradní řešení výroby.

Při tváření závitů do tenkostěnného profilu je výhodné použít termální předvrtání otvoru. Kdyby se použilo přímé vyřezání závitů do profilu, vzniklý závit by nevykazoval potřebnou nosnou část závitového spoje. Pořizovací náklady na základní potřeby k této metodě jsou vyšší, avšak jsou vyváženy kvalitou a rychlostí výroby závitů. Pořizovací náklady sady 7 x Flowdrill + 7 x Flowtapping v rozmezí 3 500 až 4 000 Kč.

Tab.4.1 Parametry metody [14]

Velikost závitů	Φ hrotu [mm]	Rychlost protlačování [m.min ⁻¹]	Síla motoru [kW]	Tloušťka materiálu [mm]	Točivý moment [Nm]	Síla protlačování [kN]
M6	5,3	2 800	0,7	1,5	16	13,5
				2,0	20	17,5
				3,0	26	24
M8	7,3	2 500	0,8	1,5	27	26
				2,0	51	40
				3,0	65	45

ZÁVĚR

Velice zajímavým tématem ve strojírenství je výroba závitů. Závity jsou v současné době nejvíce využívané prvky nejen ve strojírenství. Úkolem této práce bylo vypracování teoretické technologické části k metodám zhotovování závitů.

Úvod práce je zaměřen na teoretické aspekty závitů. Jsou zde uvedeny jednotlivé druhy vyráběných závitů zapsány v tabulce. Závity se vyrábí pravotočivé nebo levotočivé.

Další kapitola se zabývá jednotlivými metodami výroby závitů bez ohledu na to, zda se jedná o závit vnitřní nebo vnější. Pojednává se o soustružení, frézování, broušení, řezání, lapování a tváření závitů.

Následující kapitola se zabývá konkrétními metodami výroby vnitřních závitů všeobecné závitové řady M2 až M20. Jsou zde rozebrány jednotlivé metody – soustružení, frézování, řezání a tváření závitů. Uváděny jsou i používané nástroje. Kapitola se také zabývá výhodami a nevýhodami použití konkrétní technologie.

V praktické části této bakalářské práce je uvedena aplikace předešlých výrobních metod na konkrétní součást. Jako první součást je příruba z litiny. Na tuto součást je použita metoda řezání závitů pomocí závitníku. Výpočty jsou použity na velikost závitů M6 a M8. Tyto velikosti jsou voleny z důvodu porovnání, jak se mění řezné podmínky se zvětšující se velikostí závitu. Jako náhradní varianta řešení je uvedeno frézování s využitím metody Microscope např. firmy Vargus. Druhá součást je C – profil z materiálu 11 373 opatřen 3 závity M6 a třemi závity M8. Pro vytvoření těchto závitů je použito termální vrátání bez úběru materiálu a následné tváření závitů. U této metody nejsou uvedeny výpočty, parametry obrábění jsou dány výrobcem. Korekce lze provést při výrobě.

K výrobě závitů v tenkostěnných profilech je výhodné použít termální tváření, ovšem k výrobě závitů v litině je výhodnější použít řezání závitů. Dnešní technologie výroby vedou k používání CNC obrábění. CNC obrábění zajišťuje optimální pracovní podmínky a zaručuje vysokou kvalitu vyráběné součásti.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Encyclopædia Britannica [online]. 2010 [cit. 2010-05-03]. Archimedes Screw. Dostupné z WWW:
<<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/32831/Archimedes-screw>>.
2. KOCMAN, Karel; PROKOP, Jaroslav . *Technologie obrábění*. Druhé vydání. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., prosinec 2005. 271 s. ISBN 80-214-3068-0.
3. SVOBODA, Pavel; BRANDEJS, Jan ; PROKEŠ, František. *Základy konstruování*. Vydání první. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2007. 203 s. ISBN 978-80-7204-535-8.
4. HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 2. část*. [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. 95 s. [cit. 2010-3-20]. URL:
<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf>.
5. HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 3. část*. [online]. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2005. 57 s. [cit. 2010-3-20]. URL:
<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf>.
6. Výroba vnitřních závitů tvářením. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 11. dubna 2001, MM 2001/4, [cit. 2010-03-24]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/vyroba-vnitrnich-zavitu-tvarenim>>.
7. *Technologie závitování* [online]. 16. března 2006 [cit. 2010-03-24]. Emuge Franken. Dostupné z WWW:
<<http://www.emugefranken.cz/index.php?menu=158>>.
8. *VARGUS : VARDEX Advanced Threading Solutions* [online]. 08/2009 [cit. 2010-04-17]. Dostupné z WWW:
<http://www.vargus.com/download/files/Vardex_Microscope_Micro_Tools_for_Small_Bores.pdf>.
9. *Emuge Franken* [online]. 16.3.2006 [cit. 2010-04-17]. Dostupné z WWW:
<<http://www.emugefranken.cz/soubory/133cz.pdf>>.
10. *Emuge Franken* [online]. 16.3.2006 [cit. 2010-04-17]. Dostupné z WWW:
<<http://www.emugefranken.cz/soubory/128cz.pdf>>.
11. *The Wagner Companies* [online]. 2009 [cit. 2010-04-17]. Dostupné z WWW:
<<http://www.wagnercompanies.com/Flowdrill.aspx>>.

12. *Hoffmann Group* [online]. 11.3.2005 [cit. 2010-05-18]. GARANT-příručka obrábění. Dostupné z WWW: <<http://www.hoffmann-group.com/download/cz/zerspanungshandbuch/cz-zerspanungshandbuch.pdf>>.
13. *Carborundum Electrite* [online]. 10.listopadu 2003 [cit. 2010-05-19]. Brusné nástroje. Dostupné z WWW: <<http://www.probrus.com/brusivo/carbo/nabidka.htm>>.
14. *Robert Speck Machine Tools* [online]. 2005, 13.dubna 2007 [cit. 2010-05-23]. Chart Drill / Tap Sizes. Dostupné z WWW: <http://www.robertspeck.com/machine-tools_form-drilling_Technical_chart.htm>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

<i>Zkratka/symbol</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Popis</i>
A	[mm ²]	průřez třísky
b	[mm]	šířka profilu
D ₂	[mm]	střední průměr závitu
f	mm	posuv
F _C	[N]	řezná síla
f _{Gs}	[-]	faktor metody řezání závitu
h	[mm]	výška profilu
K _{ver}	[-]	korekční faktor opotřebení
M _C	[Nm]	řezný moment
n	[min ⁻¹]	počet otáček
P _C	[kW]	řezný výkon
t	[mm]	tloušťka materiálu
VBD		výměnná břitová destička
z	[-]	počet řezných hran

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Stojanová vrtačka

Příloha 2 Příslušenství Flowdrill

Příloha 3 Hutní profil

Příloha 4 Vzorce pro závit

Příloha 5 Přehled vzorců

Příloha 6 Strojní závitník

Příloha 7 Orientační hodnoty specifické řezné síly k_C

Příloha 8 Proces termálního tváření